

JURNAL TUGAS AKHIR

**STUDI PEMODELAN ALIRAN KONTAMINAN PENCEMAR MERKURI (Hg) PADA TANAH
PASIR DENGAN METODE UJI LABORATORIUM MENGGUNAKAN TANGKI
PERMEABILITAS**



Oleh

ELPINA RANTELEMBANG

D121 10 256

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2015

STUDI PEMODELAN ALIRAN KONTAMINAN PENCEMAR MERKURI (Hg) PADA TANAH PASIR DENGAN METODE UJI LABORATORIUM MENGGUNAKAN TANGKI PERMEABILITAS

Achmad Zubair ¹, Ardy Arsyad ¹, Elpina Rantelembang ²

ABSTRACT. *Mercury (Hg) is a very dangerous heavy metal for human health and other lives in environment. The process on how Mercury get into the human body are not only by air and food but also through the consumed water. Effort on modeling the transportation of pollutant in groundwater is done in order to minimize the amount of pollutant that gets into water body that will possibly influence the quality of groundwater. This research aims to analyze the effect of land characteristics by using permeability tank, modeling the distribution of Mercury (Hg), analyzing the change of ekuipotential line due to the flow of pollutant and analyzing the capability of sand in reducing Mercury (Hg). The sort of research used was laboratory experiment. Steps done in the research were examining the characteristic of pore medium, pollutant Mercury (Hg) dilution, data analyzing on manometer pressure and processing the data of manometer pressure by using Surfer 7,0 describing the line of pressure contour. Result of research found sandy soil requires a relatively short time to reach saturated conditions because the permeability coefficient value is high and the percentage of water content is low. The distribution of contaminants in the sandy soil tend to move vertically to the bottom of permeability tank due to density of mercury which is more dominant than threshold power to follow the water. Injection of contaminants is affect the ekuipotential lines in the sand media where the head pressure is increase in the upstream area of the permeability tank. The propagation speed of the Mercury is 0.00258 cm/s.*

Key words: *groundwater, ground water contamination, Mercury (Hg), ekuipotential line, permeability tank.*

PENDAHULUAN

Tanah dan air tanah sebagai komponen lingkungan yang merupakan sumber daya alam telah mengalami akibat dari limbah yang tidak terkelola sebagaimana mestinya padahal banyak masyarakat masih menggunakan air tanah sebagai sumber air yang utama. Air tanah terbentuk berasal dari air hujan dan air permukaan, yang meresap (*infiltrate*) mula-mula ke zona tak jenuh (*zone of aeration*) dan kemudian meresap makin dalam (*percolate*) hingga mencapai zona jenuh air dan menjadi air tanah. Air tanah dan air permukaan saling berkaitan dan berinteraksi. Setiap aksi (pemompaan, pencemaran dll) terhadap air tanah akan memberikan reaksi terhadap air permukaan, demikian sebaliknya.

Akuifer di definisikan sebagai suatu formasi tanah yang mengandung cukup banyak material lolos air (*permeable*) untuk dapat menghasilkan air dalam jumlah yang signifikan bagi sumur dan mata air (Aji, 2012). Aliran air tanah dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu aliran akuifer bebas (*unconfined aquifer*) dan aliran akuifer terkekang (*confined aquifer*) (Kodoatie dan Sjarief, 2005).

Kebutuhan air tidak hanya menyangkut kuantitas atau jumlah, tetapi juga kualitas atau mutunya. Beragamnya kontaminan dengan tingkat

bahaya (*toksisitas*) yang bervariasi dan mahal biaya pemulihan kualitas (*remediasi*) maka menjaga kualitas air tanah akan lebih baik daripada mencemari kemudian memperbaikinya. Dalam rangka menjaga kelestarian air tanah, maka perlu dijaga keseimbangan antara pengisian dan pengambilan serta keamanan daerah tersebut dari kontaminasi zat pencemar (Hajrah, 2014).

Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya untuk menjadi agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Pasal 8 tentang Pengelolaan lingkungan Hidup, Klasifikasi dan Kriteria Mutu Air ditetapkan menjadi empat kelas. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dipakai dalam menentukan kualitas air minum yang memenuhi syarat. Pemenuhan dan peningkatan tingkat kesehatan masyarakat mengharuskan pengujian laboratorium untuk mengetahui kualitas air.

Tekstur tanah merupakan karakter fisis tanah yang secara langsung dapat kita lihat. Informasi mengenai tekstur tanah merupakan sesuatu hal yang cukup penting karena melalui

¹Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar90245, INDONESIA

²Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar90245, INDONESIA

tekstur tanah dapat diketahui sifat fisis dan kimia fisik tanah. Berdasarkan *International Society of Soil Science*, klasifikasi tekstur tanah terbagi atas lima jenis yaitu: 1) Kerikil dengan ukuran diameter $>2,0$ mm. 2) Pasir kasar dengan ukuran diameter $2,0 - 0,2$ mm. 3) Pasir halus dengan ukuran diameter $0,2 - 0,02$ mm. 4) Lumpur (*silt*) dengan ukuran diameter $0,02 - 0,002$ mm. 5) Liat (*clay*) dengan ukuran diameter $< 0,002$ mm. Ukuran butir dari partikel tanah akan menentukan luas permukaan spesifik, dimana luas permukaan spesifik merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi daya sorpsi tanah terhadap zat pencemar (Notodarmojo, 2005).

Di dalam hukum Darcy, permeabilitas merupakan bagian dari konstanta perbandingan yang berhubungan dengan laju aliran dan sifat fisis fluida (*viskositas*) dengan gradient tekanan yang diberikan pada medium berpori. Konduktivitas hidrolis atau koefisien permeabilitas (k) adalah nilai koefisien yang menunjukkan kemampuan media berpori meloloskan air sepanjang media yang permeabel melalui rongga pori yang besarnya dipengaruhi oleh porositas dan sifat fisik air (Riyadi 2007). Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai k yaitu 1) kekentalan cairan, 2) distribusi ukuran pori, 3) distribusi ukuran partikel, 4) angka pori dan 5) derajat kejenuhan tanah. Terdapat dua metode uji standart di laboratorium dalam penentuan koefisien permeabilitas suatu tanah yaitu: uji *constant head* dan uji *falling head*.

Aliran dalam media berpori dapat terjadi akibat adanya perbedaan tekanan, perbedaan tekanan ini kemudian ditransformasi menjadi energi kinetik aliran air. Ekipotensial adalah suatu garis sepanjang mana tinggi potensial di semua titik pada garis tersebut adalah sama. Kombinasi dari beberapa garis aliran dan garis ekipotensial yang dinamakan jaringan aliran (*flow net*).

Merkuri berasal dari bahasa Yunani yaitu *hydrargyrum* (Alfian, 2006). Dalam tabel periodik Merkuri memiliki lambang Hg dengan nomor atom 80 dan massa jenis yaitu $13,6 \text{ kg/m}^3$. Logam berat dikelompokkan sebagai zat pencemar karena tidak dapat terurai melalui *biodegradasi*, selain itu dapat terakumulasi di lingkungan perairan terutama dalam sedimen karena dapat berikatan dengan senyawa-senyawa organik dan anorganik melalui pembentukan senyawa kompleks dan absorpsi (Connell dan Miller, 1995).

Merkuri dalam bentuk logam tidak begitu berbahaya, karena hanya 15% yang bisa terserap tubuh manusia. Tetapi begitu terpapar ke alam, dalam kondisi tertentu ia bisa bereaksi dengan metana yang berasal dari dekomposisi senyawa organik membentuk metil merkuri yang bersifat toksis. Pada usaha pertambangan logam mulia dengan metode pengolahan amalgamasi, merkuri atau quick silver (berbentuk cair) digunakan dalam jumlah besar sebagai bahan pelarut/enangkap emas dan perak (Jensen et al., 1981). Selain pada pertambangan merkuri juga digunakan dalam industri pabrik plastik dengan bahan baku vinylklorida dan asetalhida, pabrik cat, kertas, peralatan listrik, chlorine dan caustic soda.

Kontaminan dalam air tanah selalu dalam kondisi dinamis sedangkan pada larutan tanah atau air tanah dapat bergerak sesuai dengan energi yang dimilikinya ke arah dimana energinya lebih rendah. Ketika kontaminan masuk kedalam air tanah, maka terjadi sebaran dan gerakan sebagai akibat dari: a) adveksi b) dispersi hidrodinamik dan c) retardasi (Notodarmojo, 2005).

Pemodelan aliran air tanah merupakan salah satu alat utama yang digunakan dalam ilmu hidrogeologi untuk penilaian potensi sumber daya dan prediksi dampak di masa depan akibat perubahan kondisi lingkungan. Air tanah memiliki sifat yang kompleks dan melibatkan banyak variabel sehingga diperlukan sebuah model pengukuran dan perhitungan pola pergerakan kontaminan pada air tanah (Suhartono 2012). Pemodelan fisik dengan menggunakan tangki permeabilitas merupakan suatu bentuk metode yang digunakan dalam skala laboratorium untuk pembelajaran sistem aliran air tanah secara sederhana yang dapat mewakili keadaan sesungguhnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilaksanakan adalah penelitian eksperimen, yaitu mengadakan percobaan untuk melihat pengaruh variabel yang diteliti. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui sebaran kontaminan Merkuri (Hg) pada tanah pasir dan efektivitas tanah pasir dalam mereduksi kontaminan Merkuri (Hg).

Pengumpulan Data

Data primer diperoleh melalui suatu pengukuran atau pengujian langsung dengan skala laboratorium. Pengujian tersebut berupa pengujian karakteristik media berpori dan transport kontaminan pencemar pada aliran air tanah serta pengujian kuantitas larutan kontaminan yang berasal dari outlet tangki permeabilitas. Data sekunder adalah data yang diperoleh untuk mendukung data hasil pengujian berupa literatur, laporan atau hasil-hasil penelitian sebelumnya.

Langkah-Langkah Kegiatan Penelitian

Pengujian karakteristik tanah meliputi: 1) Pengujian analisa saringan 2) Pengujian kadar air 3) Pengujian permeabilitas dan 4) Pengujian berat jenis. Untuk proses selanjutnya dengan pengenceran larutan Merkuri (Hg) 5 ppm sebagai kontaminan pencemar yang digunakan dalam pemodelan aliran kontaminan. Pembuatan konsentrasi kontaminan Merkuri (Hg) 5 ppm pada penelitian ini dilakukan berdasarkan rumus pengenceran yaitu:

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

dimana: M_1 = konsentrasi yang diketahui

V_1 = volume yang diketahui

M_2 = konsentrasi yang dicari

V_2 = volume yang dicari

Tahap Pelaksanaan Penelitian

Persiapan tangki permeabilitas yang dilakukan meliputi pemasangan batas *permeable*, pengecekan kondisi manometer, pengaturan tinggi pasir, posisi *baffle plate* dan tinggi pipa pelimpah hulu dan hilir. Pengecekan kondisi manometer dilakukan dengan cara mengisi air ke dalam alat tangki permeabilitas untuk memastikan tidak ada kerusakan pada manometer dan menghilangkan gelembung udara yang terperangkap di dalam manometer, setelah itu dikeringkan kembali tinggi pasir didalam tangki dan posisi *baffle plate* menjadi kondisi batas tetap untuk pemodelan aliran air tanah dan transport kontaminan Merkuri (Hg). Ketinggian pasir pada tangki permeabilitas yang ditentukan adalah 30 cm dari dasar tangki. Penuangan pasir di dalam tangki permeabilitas dilakukan secara berlapis, dengan tebal tiap lapisannya adalah 3 cm. *Baffle plate* diletakkan pada bagian tengah tangki dengan jarak 15 cm dari

dasar tangki. Pipa pelimpah hulu diatur pada ketinggian 45 cm dari bawah permukaan tangki dan pada pipa pelimpah hilir di atur pada jarak 2.5 cm diatas permukaan pasir. Kedalaman penetrasi dari permukaan pasir yaitu 5 cm.

Tinggi muka air hulu dan hilir berpengaruh terhadap kecepatan rembesan yang terjadi pada media berpori. Semakin besar selisih tinggi muka air di hulu maka semakin besar pula gradient hidroliknya dan menghasilkan kecepatan rembesan yang lebih besar, maka ditentukan tinggi muka air hulu pada pemodelan transport kontaminan adalah 45 cm dan tinggi muka air hilir adalah 32.5 cm. Pengisian air dilakukan pada bagian hilir terlebih dahulu, kegiatan ini dimaksudkan untuk mengurangi tekanan yang terjadi pada bagian hulu akibat rembesan. Cara memasukkan kontaminan perlu diperhatikan hal ini untuk memastikan bahwa kontaminan merkuri dapat mengalir bersama dengan aliran air yang terjadi pada pasir dan gradient konsentrasi *dye* dapat terlihat jelas. Larutan yang digunakan sebagai *dye* dalam pemodelan transport kontaminan adalah Merkuri (Hg) 5 ppm dan diberi pewarna makanan hijau serta menggunakan spuit 120 ml untuk menginjeksikan larutan kontaminan merkuri ke dalam pasir. Pembacaan data tekanan di dua puluh dua titik dalam media pasir dapat diketahui dari manometer yang dipasang pada alas dan dinding tangki permeabilitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

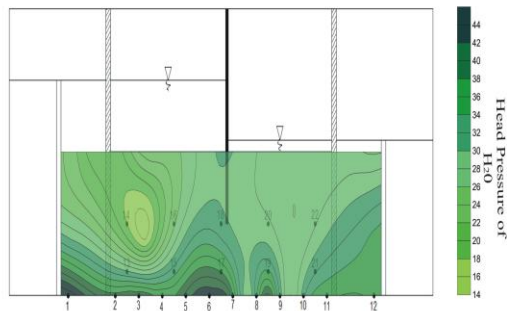
Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan jenis dari tanah yang digunakan. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Tanah

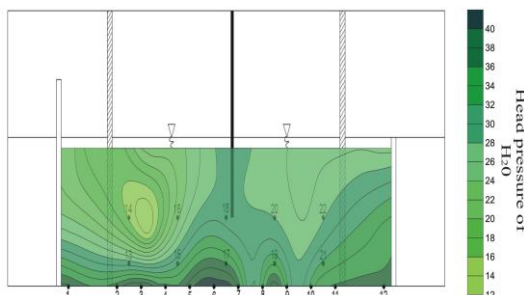
No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Jenis Tanah
1	Analisa Saringan	-	-	Pasir
2	Berat Jenis	-	2,662	Pasir
3	Kadar Air	%	31,82	
4	Permeabilitas	cm/s	0,05	Pasir Kasar

Kegiatan percobaan dan pengujian yang dilakukan dimaksudkan untuk memastikan bahwa seluruh kondisi batas dan kondisi awal dapat terpenuhi sehingga diperoleh model fisik transport kontaminan dengan menggunakan alat tangki permeabilitas. Pada pemodelan aliran air tanah yang dilakukan pada percobaan pertama, pengamatan dilakukan pada distribusi tekanan di dua puluh dua

titik manometer. Ketinggian air pada saat awal percobaan dilakukan yaitu 44 cm pada bagian hulu dan 32,5 cm pada bagian hilir. Perbedaan tinggi muka air yang berada pada hulu dan hilir tangki permeabilitas, dapat mempengaruhi kecepatan rembesan. Semakin besar selisih tinggi muka air pada hulu dan hilir, maka semakin besar pula gradient hidrolik dan kecepatan rembesan yang terjadi.



Gambar 2. Hasil Pemodelan Garis Ekipotensial Pada Menit Ke-60

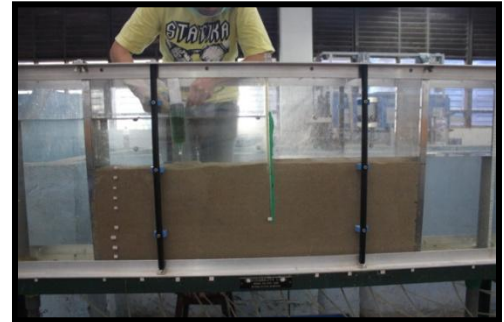


Gambar 3. Hasil Pemodelan Garis Ekipotensial Pada Menit Ke-600

Pada tanah pasir keadaan jenuh didapatkan ketika seluruh pori – pori dalam keadaan terisi oleh air. Waktu sepuluh jam merupakan kondisi untuk mencapai keadaan jenuh dimana ketinggian pada hulu dan hilir tangki permeabilitas secara fisik menunjukkan tinggi muka air yang sama.

Pada pemodelan transport kontaminan dengan menggunakan larutan Merkuri sebagai *dye*, tinggi muka air pada hulu tangki permeabilitas di naikan dari yang semula 44 cm menjadi 45 cm. Hal ini dilakukan guna mendapatkan gaya dorongan yang lebih besar sehingga penjalaran larutan merkuri dapat diamati secara visual. Penginjeksian larutan Merkuri (Hg) 5 ppm dilakukan dengan hati-hati, hal ini guna mencegah larutan dapat terdorong kembali

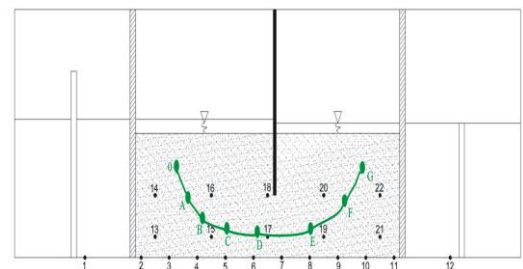
ke permukaan akibat tekanan yang diberikan pada ujung spoit terlalu besar. Penjalaran larutan kontaminan Merkuri (Hg) kemudian diberi tanda dengan menggunakan spidol pada selang waktu tertentu.



Gambar 3. Awal Penginjeksian Merkuri (Hg) Kedalam Media Pasir



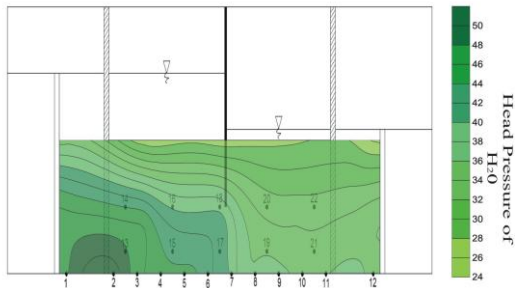
Gambar 4. Penjalaran Merkuri (Hg) Pada Media Pasir



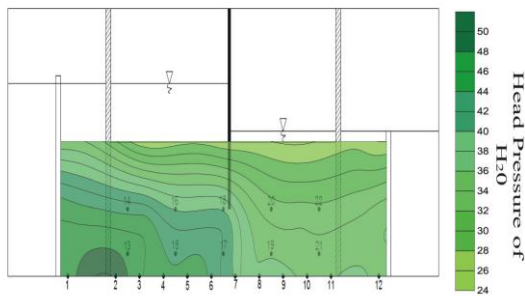
Gambar 5. Penjalaran Warna Kontaminan Merkuri Pada Media Pasir

Berdasarkan pada gambar 1 sampai dengan gambar 11 pemodelan dengan menggunakan *Surfer 7,0* terlihat bahwa nilai tekanan titik 0, titik A, titik B, titik C, titik D, titik E, titik F dan titik G terjadi akumulasi massa Merkuri pada hulu tangki permeabilitas dimana larutan Merkuri mengalir secara gravitasi. Hal ini di pengaruhi oleh massa

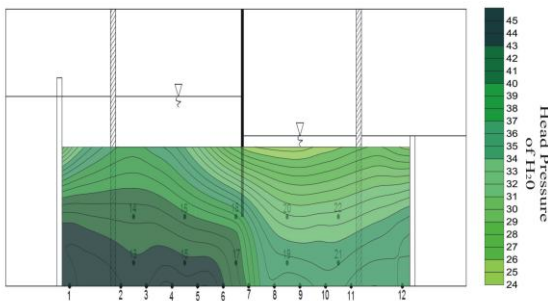
jenis merkuri yaitu $13,6 \text{ gr/cm}^3$ yang lebih berat dibandingkan dengan massa jenis air yaitu 1 gr/cm^3 .



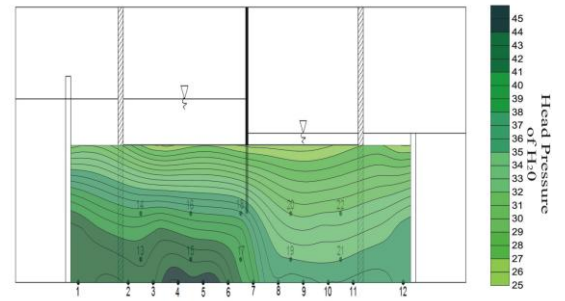
Gambar 6. Hasil Pemodelan Garis Ekipotensial Pada Titik 0



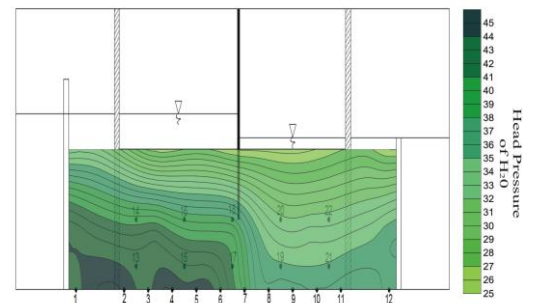
Gambar 7. Hasil Pemodelan Garis Ekipotensial Pada Titik A



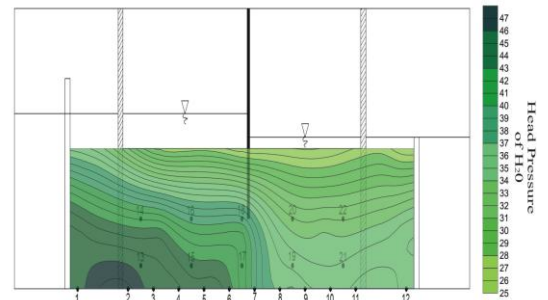
Gambar 8. Hasil Pemodelan Garis Ekipotensial Pada Titik B



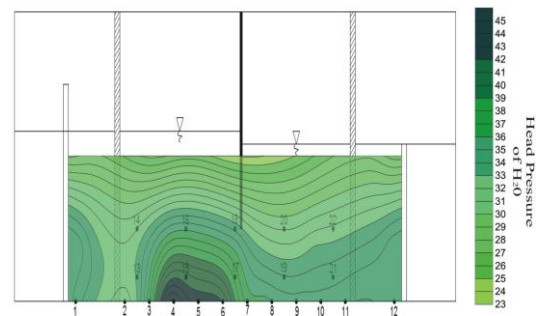
Gambar 9. Hasil Pemodelan Garis Ekipotensial Pada Titik C



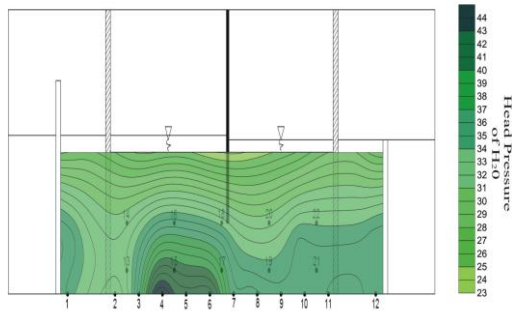
Gambar 10. Hasil Pemodelan Garis Ekipotensial Pada Titik D



Gambar 11. Hasil Pemodelan Garis Ekipotensial Pada Titik E



Gambar 12. Hasil Pemodelan Garis Ekipotensial Pada Titik F



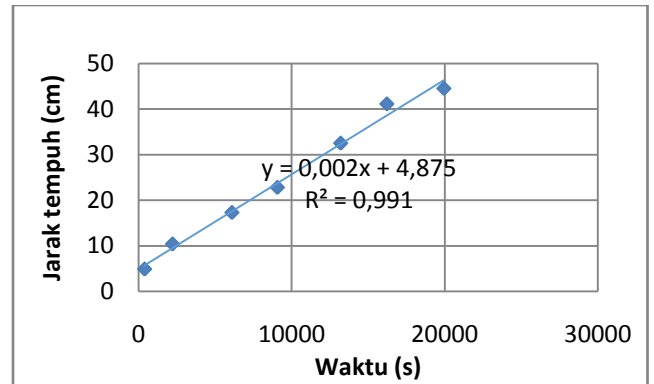
Gambar 13. Hasil Pemodelan Garis Ekipotensial Pada Titik G

Terdapat tiga kategori umum konteks gerakan didalam sistem, yaitu adveksi, dispersi dan retardasi. Proses adveksi terlihat pada proses penjalaran warna pada larutan Merkuri 5 ppm dimana jarak tempuh yang dihasilkan terus bertambah sejak pengukuran pada titik 0 hingga berada titik G.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Warna Kontaminan Merkuri (Hg)

Titik	Jarak Tempuh (cm)	Waktu Tempuh (s)
A	4.9	377
B	10.4	2203
C	17.3	6087
D	22.8	9058
E	32.5	13194
F	41.1	16215
G	44.5	19945

Peristiwa dispersi berlangsung secara bersamaan dengan peristiwa adveksi, hal ini terlihat pada saat larutan kontaminan Merkuri pertama kali di injeksikan, pada titik 0 larutan kontaminan tampak menyebar melalui media pasir dan sebagian lagi ke arah berlawanan dengan aliran air. Berdasarkan regresi jarak terhadap waktu penjalaran warna kontaminan, maka diperoleh nilai kecepatannya adalah 0,00258 cm/s.



Gambar 14. Grafik regresi jarak terhadap waktu

Perubahankonsentrasi kontaminan yang menurun pada outlet tangki permeabilitas dikarenakan adanya faktor retardasi (penghambat). Kontaminan yang kontak dengan tanah, konsentrasinya akan berkurang karena terikat pada permukaan tanah tersebut. Kadar kontaminan merkuri sebelum penginjeksian dan sesudah penginjeksian dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Dengan Menggunakan ASS

No	Kode Contoh	Hg(ppm)
1	Ekstrak Awal	4.93
2	Ekstrak Akhir	0.412

Sumber: Uji Kuantitas BPTP (2014)

Sifat properti tanah sangat mempengaruhi daya sorpsi tanah terhadap kontaminan, walaupun terjadi persentase penurunan kadar kontaminan sebesar 91,76% tanah pasir memiliki pori-pori yang berukuran besar sehingga efisien dalam pergerakan air dan udara. Pemodelan transport kontaminan dalam tanah atau air tanah diperlukan sebagai alat dalam upaya meminimalkan penyebaran kontaminan dan upaya pengendalian pencemaran.

Transport kontaminan tidak terlepas dari pergerakan air tanah, oleh sebab itu penggunaan metode *flow net* selain dapat menunjukkan arah gerakan air tanah, juga digunakan dalam menganalisis rembesan air tanah. Dengan mengetahui pola distribusi kontaminan pengendalian, pengelolaan dan meminimalkan dampak penyebaran dapat dilakukan dengan metode *remediasi* yang tepat untuk tanah maupun air tanah yang telah tercemar

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Tanah pasir membutuhkan waktu yang relatif singkat untuk mencapai kondisi jenuh karena nilai koefisien permeabilitasnya besar dan persentase kadar airnya rendah.
2. Sebaran kontaminan pada tanah pasir cenderung bergerak vertikal ke bagian dasar hulu tangki permeabilitas karena massa jenis Merkuri (Hg) lebih dominan di bandingkan daya ambang untuk mengikuti aliran air.
3. Injeksi kontaminan mempengaruhi garis ekipotensial pada media pasir dimana terjadi peningkatan *head pressure* pada area hulu tangki permeabilitas.
4. Kecepatan penjaralan aliran kontaminan Merkuri (Hg) terhadap periode waktu yaitu 0,0028 cm/s.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji H.C. 2012. "*Pemodelan Fisik Aliran Air dan Transpor Pencegahan Media Berpori Jenuh Menggunakan Seepage Tank*". Skripsi. Depok; Program Studi Teknik Sipil, Kekhususan Manajemen Sumber Daya Air, Universitas Indonesia.
- Alfian, Z. 2006. "*Merkuri : Antara Manfaat dan Efek Penggunaannya Bagi Kesehatan Manusia dan Lingkungan*". Universitas Sumatera Utara.
- Connell, D.W dan Miller, G.J. 1995. *Kimia dan ekotoksikologi pencemaran*. Diterjemahkan oleh Yanti Koestoer dan Sahati. UI-Press. Jakarta.
- Das, B.M., Noor Endah, Indrasurya B Mochtar. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)* jilid 1. Erlangga
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2010. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- Fetter, C.W. 1988. *Applied Hydrogeology edition 2*. Merrill Publishing Company.
- Hajrah. 2014. "*Studi Pemodelan Transport Kontaminan Air Lindi Pada Aliran Air Tanah TPA (Tempat Pembuangan Sampah Akhir) Tamangapa*". Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin.
- Hamzah M, Djoko, Wahyudi dan Budi. 2008. "*Pemodelan Perembasan Air Dalam Tanah*". Jurnal Penelitian. ITB, Bandung.
- Jamulya dan Woro Suprojo, 1993. *Pengantar Geografi Tanah*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Lestaris T. 2010. "*Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Keracunan Merkuri (Hg) Pada Penambang Emas Tanpa Ijin (PETI) Di Kecamatan Kurun, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah*". Megister Kesehatan Lingkungan. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Kodoatie, Robert J. dan Roestam Sjarief. 2010. "*Tata Ruang Air*". Yogyakarta, Andi Offset.
- Mutowal W. 2008. "*Penentuan Sebaran Akuifer dan Pola Aliran Air Tanah dengan Metode Tahanan Jenis (Resistivity Method) di Desa Cisalak, Kecamatan Sukmajaya, Kota Depok, Provinsi Jawa Barat*". Skripsi. Bogor; Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Notodarmodjo, Suprihanto. 2005. *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. ITB, Bandung
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran*.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2009. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Rosyidah E dan Wirosoedarmo R. 2013. "*Pengaruh Sifat Fisik Tanah Pada Konduktivitas Hidrolik Jenuh di 5 Penggunaan Lahan (Studi Kasus di Kelurahan Sumbersari Malang)*". Jurnal Teknologi Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gajah Mada.
- Riyadi A dan Wibowo K. 2007. "*Karakteristik Air Tanah di Kecamatan Tamansari Kota Tasikmalaya*". Jurnal Teknik Lingkungan. Tasikmalaya; Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Suhartono E, Purwanto dan Suripin. 2012. "*Model Intrusi Air Laut Terhadap Air Tanah Pada Akuifer di Kota Semarang*". Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Semarang; Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro.